



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 28 869 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 101 28 869.7  
㉔ Anmeldetag: 15. 6. 2001  
㉕ Offenlegungstag: 3. 1. 2002

㉖ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 82 B 1/00**  
G 01 N 31/12  
G 01 N 31/10  
G 01 N 27/22  
G 01 R 27/26  
H 01 T 13/00

DE 101 28 869 A 1

㉗ Innere Priorität:  
100 30 361. 7      21. 06. 2000

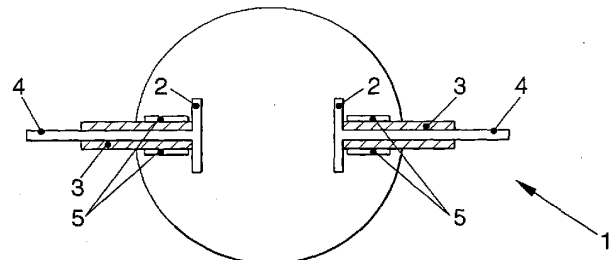
㉘ Anmelder:  
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

㉙ Erfinder:  
Gloger, Jürgen, 38518 Gifhorn, DE; Sepeur, Stefan,  
66802 Überherrn, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

㉚ Sensor zur Erfassung eines Verbrennungsparameters

㉛ Ein Sensor, der insbesondere als kapazitiver Rußsensor (1) oder Drucksensor (9) zur Verwendung in einem Kraftfahrzeug ausgestaltet sein kann, weist eine Beschichtung (5) auf, welche Strukturen mit Abmessungen im Nanometerbereich, d. h. im Bereich 1-100 nm, besitzt, um Rußablagerungen oder Ablagerungen anderer Fremdkörper zu erschweren. Die Strukturen mit den Abmessungen im Nanometerbereich sind vorzugsweise in einem katalytisch aktiven Material ausgebildet, so daß durch die erhöhte Austauschfläche dieser Strukturen die katalytische Wirksamkeit erhöht und auftretender Ruß nicht auf dem Sensor ablagern kann, sondern vollständig katalytisch zer setzt wird.



DE 101 28 869 A 1

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Sensor, insbesondere einen Kraftfahrzeugsensor, zur Erfassung eines Verbrennungsparameters, welcher sich infolge eines in einem Verbrennungsmotor ablaufenden Verbrennungsvorgangs einstellt.

**[0002]** Derartige Sensoren können in Kraftfahrzeugen für unterschiedliche Aufgaben verwendet werden.

**[0003]** So ist beispielsweise die Verwendung von Drucksensoren im Brennraum (Zylinder) eines Diesel- oder Ottomotors bekannt, um den sich während eines Verbrennungsvorgangs einstellenden Druckverlauf in dem jeweiligen Zylinder zu erfassen. Wie beispielsweise in der DE 197 49 816 A1 beschrieben ist, können aus dem mit Hilfe eines derartigen Drucksensors erfassten Druckverlaufs in Abhängigkeit vom Kurbelwellenwinkel Informationen bezüglich des Verbrennungsablaufs gewonnen werden, wobei wiederum aus diesen Informationen Ansteuersignale zur Steuerung der Zündung und/oder Einspritzung erzeugt werden können. Üblicherweise ist in jedem Zylinder des Verbrennungsmotors ein derartiger Drucksensor angeordnet, wobei zusätzlich ein Kurbelwellenwinkelsensor eingesetzt wird, der ein für die jeweilige Kurbelwellenstellung repräsentatives Ausgangssignal erzeugt, so daß die Ausgangssignale der einzelnen Drucksensoren sowie das Ausgangssignal des Kurbelwellenwinkelsensors gemeinsam von einem dem Verbrennungsmotor zugeordneten Steuergerät ausgewertet werden können.

**[0004]** Derartige Drucksensoren besitzen eine Messmembran, die durch den im jeweiligen Zylinder auftretenden Druck gebogen wird, wobei die Durchbiegung der Messmembran von dem Drucksensor gemessen wird. Infolge des in dem jeweiligen Zylinder auftretenden Verbrennungsvorgangs kann es jedoch auf der Messmembran zu einer Rußablagerung kommen, durch welche die Empfindlichkeit des entsprechenden Drucksensors beeinträchtigt und die Messwerte verfälscht werden können.

**[0005]** Des weiteren ist auf dem Gebiet der Kraftfahrzeugtechnik die Verwendung eines kapazitiven Rußsensors bekannt, mit dessen Hilfe beispielsweise im Abgasrohr oder Abgastrakt eines Kraftfahrzeuges der Anteil von Rußpartikeln im Abgas gemessen werden kann. Der kapazitive Rußsensor weist eine Kapazität auf, welche in Abhängigkeit von dem prozentualen Anteil der Rußpartikel im Abgas verändert wird, da die dielektrische Eigenschaft des Abgases in Abhängigkeit von dem Anteil der Rußpartikel entsprechend beeinflusst wird. Die Kapazität des kapazitiven Rußsensors muss gegenüber dem Abgasrohr stark isoliert sein. Während des Betriebs kann es jedoch zu Rußablagerungen auf der entsprechenden Isolatoroberfläche kommen. Da Ruß elektrisch leitend ist, kann dann die erforderliche Isolierung der Kapazität gegenüber dem Abgasrohr nicht mehr ohne weiteres aufrechterhalten werden. Um dieses Problem zu lösen, wurde vorgeschlagen, in den Isolator eine elektrische Heizung zu integrieren, die ein Abbrennen der auf der Isolatoroberfläche abgelagerten Rußpartikel ermöglicht, so daß die hohe Isolation der Kapazität des kapazitiven Rußsensors gegenüber dem Abgasrohr aufrechterhalten werden kann. Diese Maßnahme ist jedoch relativ aufwendig, da einerseits zusätzliche elektrische Heizenergie erzeugt und andererseits eine zusätzliche Verdrahtung zum Zuführen dieser elektrischen Heizenergie vorgesehen werden muss.

**[0006]** Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Sensor, insbesondere einen Kraftfahrzeugsensor, zur Erfassung eines sich infolge eines in einem Verbrennungsmotor ablaufenden Verbrennungsvorgangs einstellenden Verbrennungsparameters vorzuschlagen, wo-

bei die zuvor beschriebenen Probleme beseitigt und Rußablagerungen infolge des Verbrennungsvorgangs auf dem Sensor zuverlässig vermieden werden können.

**[0007]** Diese Aufgabe wird durch einen Sensor mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die Unteransprüche definieren bevorzugte und vorteilhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

**[0008]** Erfindungsgemäß weist der Sensor eine Beschichtung mit Strukturen auf, deren Abmessungen im Nanometerbereich liegen. Die Strukturen dieser Beschichtung besitzen eine Breite, Höhe und/oder Tiefe zwischen 1–100 nm.

**[0009]** Eine derartige Beschichtung mit Strukturen im Nanometerbereich, d. h. mit nanoskaligen Strukturen, wird auch als Nanobeschichtung bezeichnet. Aufgrund der sehr kleinen Oberflächenspitzen einer derartigen Beschichtung können Rußpartikel nicht oder kaum an der Beschichtung haften, so daß eine Ablagerung der Rußpartikel an dem entsprechenden Sensor unterbunden wird. Diese spezielle Beschichtung kann direkt oder über einen Zwischenträger auf den entsprechenden Sensor aufgebracht sein.

**[0010]** Durch die schmutzabweisende Eigenschaft der nanoskaligen Beschichtung werden – wie bereits erwähnt worden ist – Rußablagerungen vermieden, so daß der entsprechend ausgestaltete Sensor über die Lebensdauer gesehen keine ablagerungsbedingten Messwertfehler aufweist. Insbesondere wird bei Anwendung der vorliegenden Erfindung auf einen kapazitiven Rußsensor, wie er im Abgastrakt von Kraftfahrzeugen verwendet wird, eine Ablagerung von Rußpartikeln auf der Isolatoroberfläche dieses kapazitiven Rußsensors vermieden, so daß der für den Betrieb des kapazitiven Rußsensors erforderliche hohe Isolationswiderstand aufrechterhalten werden kann. Es muss diesbezüglich keine elektrische Heizenergie oder zusätzliche Verdrahtung zum Zuführen der elektrischen Heizenergie vorgesehen werden, so daß die vorliegende Erfindung eine äußerst preiswerte Möglichkeit zur Aufrechterhaltung von hohen Isolationswiderständen von kapazitiven Rußsensoren darstellt.

**[0011]** Besonders vorteilhaft ist, wenn die nanoskaligen Strukturen, d. h. die Strukturen mit Abmessungen im Nanometerbereich, in ein katalytisch aktives Material oder eine katalytisch aktive Matrix eingebettet sind, da dadurch die katalytisch wirksame Austauschfläche erhöht werden kann, wodurch wiederum der Wirkungsgrad des katalytisch wirksamen Materials drastisch erhöht wird, so daß Rußpartikel nicht mehr ablagern können, sondern vollständig katalytisch zersetzt werden. Als katalytisch wirksames Material kann insbesondere ein katalytisch wirksames Oxid, wie beispielsweise Vanadium, Cer oder Kobalt, verwendet werden.

**[0012]** Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung näher erläutert.

**[0013]** Fig. 1 zeigt die Darstellung eines erfindungsgemäß ausgestalteten katalytischen Rußsensors, wie er im Abgastrakt eines Kraftfahrzeuges verwendet wird, und

**[0014]** Fig. 2 zeigt ein vereinfachtes Blockschaltbild einer Anordnung zur Erfassung des Druckverlaufs in verschiedenen Zylindern eines Verbrennungsmotors, wobei erfindungsgemäß ausgestaltete Drucksensoren zum Einsatz kommen.

**[0015]** In Fig. 1 ist ein kapazitiver Rußsensor 1 dargestellt, der in ein Abgasrohr 6 eines Kraftfahrzeuges eingesetzt ist. Der kapazitive Rußsensor 1 umfaßt zwei Kondensatorplatten 2, an die über elektrische Anschlüsse 4 eine elektrische Wechselspannung angelegt ist. Abhängig von dem Anteil der Rußpartikel in dem zwischen den Kondensatorplatten 2 verlaufenden Abgasstrom wird dessen dielektrische Eigenschaft und damit die Kapazität des durch die Kondensatorplatten 2 und das dazwischen befindliche Abgas gebil-

deten Kondensator beeinflusst, wodurch das an den elektrischen Anschlüssen 4 anliegende Wechselspannungssignal entsprechend moduliert wird. Durch Messen der Kapazität des Kondensators kann somit auf den Rußanteil im Abgas geschlossen werden, wobei insbesondere die Kapazität mit steigender Rußpartikelanzahl zunimmt. Mit Hilfe eines entsprechend ausgestalteten Steuergeräts kann somit nach Auswertung der Kapazität des kapazitiven Rußsensors 1 der  $\lambda$ -Wert verändert oder der Zündzeitpunkt entsprechend angepasst werden usw.

[0016] Für das zuvor beschriebene Messprinzip ist erforderlich, daß die Kapazität des kapazitiven Rußsensors 1 gegenüber dem Abgasrohr 6 stark isoliert ist. Aus diesem Grund ist gemäß Fig. 1 jeder elektrische Anschluss 4 mit einem elektrischen Isolator 3 umgeben und somit gegenüber dem Abgasrohr 6 elektrisch isoliert.

[0017] Die sich im Inneren des Abgasrohrs 6 befindlichen Abschnitte der beiden elektrischen Isolatoren 3 sind mit einer speziellen Beschichtung 5 versehen, deren Oberfläche nanoskalige Strukturen, d. h. Strukturen im Nanometerbereich (1–100 nm), aufweist. Die Beschichtung 5 besitzt daher sehr kleine Oberflächenspitzen, an denen sich Rußpartikel nicht oder kaum ablagern können, so daß die Isolationsfähigkeit der elektrischen Isolatoren 3 nicht durch sich auf den elektrischen Isolatoren 3 ablagernden Rußpartikeln beeinträchtigt werden können.

[0018] Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Beschichtung insbesondere derart ausgestaltet, daß nanoskalige Strukturen in einem katalytisch aktiven Material, insbesondere in katalytisch wirksamen Oxiden, verwendet werden, so daß der Wirkungsgrad der oxidativen Eigenschaften des katalytisch wirksamen Oxids drastisch erhöht wird und im Abgasstrom auftretende Rußpartikel nicht mehr ablagern können, sondern vollständig katalytisch zersetzt werden. Als katalytisch wirksames Material bzw. Oxid kann beispielsweise Vanadium, Cer oder Kobalt verwendet werden.

[0019] Nachdem die vorliegende Erfindung zuvor anhand eines kapazitiven Rußsensors erläutert worden ist, soll nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 2 ein weiterer Anwendungsbereich der Erfindung beschrieben werden, wobei die Erfindung auf Drucksensoren angewendet wird.

[0020] In Fig. 2 ist ein Verbrennungsmotor 7, beispielsweise ein Otto- oder ein Dieselmotor, mit mehreren Brennräumen oder Zylindern 8 dargestellt. In jedem Zylinder 8 ist ein Drucksensor 9 angeordnet, der ein dem jeweils erfassten Zylinderdruck proportionales Ausgangssignal erzeugt und einem Steuergerät 10 zuführt.

[0021] Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel umfaßt das Steuergerät 10 einen Multiplexer 11, der die druckproportionalen Ausgangssignale der einzelnen Drucksensoren 9 empfängt. Des weiteren ist dem Multiplexer 11 das Ausgangssignal eines (nicht gezeigten) Kurbelwellensensors zugeführt, wobei das von dem Kurbelwellensensor ausgegebenen Ausgangssignal die augenblickliche Stellung der Kurbelwelle, d. h. den Kurbelwellenwinkel, repräsentiert. Der Multiplexer 11 wird abhängig von dem Ausgangssignal des Kurbelwellensensors, d. h. kurbelwellenwinkelabhängig, umgeschaltet, so daß jeweils das Ausgangssignal eines bestimmten Drucksensors 9 über den Multiplexer 11 einem Analog/Digital-Wandler 12 zugeführt und von diesem digitalisiert wird. Wie in Fig. 2 gezeigt ist, kann zusätzlich dem Multiplexer 11 auch das Ausgangssignal eines kapazitiven Rußsensors 1, wie er beispielsweise in Fig. 1 dargestellt ist, zugeführt sein, so daß auch das Ausgangssignal dieses kapazitiven Rußsensors 1 von dem dargestellten Steuergerät 10 verarbeitet werden kann.

[0022] Das digitalisierte Ausgangssignal des Analog/Di-

gital-Wandlers 12 wird einem Mikroprozessor 13 zugeführt, welcher die eigentliche Auswertung der einzelnen Sensorsignale übernimmt und davon abhängig Steuersignale für verschiedene Komponenten des Verbrennungsmotors 7 erzeugt. So kann der Mikroprozessor 13 beispielsweise aus dem Druckverlauf in Abhängigkeit von dem Kurbelwellenwinkel Informationen bezüglich des Verbrennungsablaufs gewinnen und aus diesen Informationen Ansteuersignale für den Verbrennungsmotor 7 zur Steuerung der Zündzeitpunkte und/oder Einspritzzeitpunkte erzeugen. Die Auswertung des Druckverlaufs in Verbindung mit einer entsprechenden Regelung des Verbrennungsmotors 7 ist beispielsweise in der DE-OS 43 41 796 beschrieben. Ergänzend sei an dieser Stelle auch auf die Druckschriften DE 197 49 814 A1 – DE 197 49 817 A1 verwiesen, in denen jeweils verschiedene Verfahren zur Auswertung des von den Drucksensoren 9 erfassten Druckverlaufs beschrieben sind.

[0023] Jeder dieser Drucksensoren 9 besitzt eine Membran, welche durch den in dem jeweiligen Zylinder 8 auftretenden Zylinderdruck gebogen wird, so daß von dem jeweiligen Drucksensor 9 im Prinzip die Durchbiegung seiner Messmembran gemessen wird. Um eine Beeinträchtigung der Empfindlichkeit der Drucksensoren durch Rußablagerungen zu vermeiden, können die Messmembranen der Drucksensoren 9 jeweils mit einer Beschichtung versehen werden, die analog zu der in Fig. 1 gezeigten und zuvor erläuterten Beschichtung 5 mit nanoskaligen Strukturen versehen ist. Wird die Oberfläche der Messmembranen der Drucksensoren 9 mit einer derartigen Beschichtung versehen, ist gewährleistet, daß sich Rußpartikel aufgrund der dann sehr kleinen Oberflächenspitzen nicht oder kaum auf der jeweiligen Messmembran ablagern können, so daß die Empfindlichkeit des jeweiligen Drucksensors 9 nicht beeinträchtigt werden kann.

[0024] Bei einer Weiterbildung der Erfindung wird die erfindungsgemäße Erkenntnis der Beschichtung mit Strukturen deren Abmessungen im Nanometerbereich liegen auch auf Zündkerzen angewandt, damit Verrußung und Selbstzündungseffekte sicher verhindert werden. Es ist dadurch auch möglich, daß die große Anzahl an Kerzen mit unterschiedlichen Wärmewerten reduziert werden, da die exakte Wärmeabstimmung Motor/Zündkerze zwecks Verrußungsvermeidung und Selbstzündung nicht mehr so detailliert nötig ist. Die Offenbarung, die die Beschichtung für den Sensor mit sich bringt, ist bei dieser Weiterbildung der Erfindung auch auf die Zündkerze anzuwenden.

[0025] Fig. 3 zeigt eine Zündkerze 14, bei der die Beschichtung mit nanoskaligen Strukturen 5 angedeutet wird.

#### BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 kapazitiver Rußsensor
- 2 Kondensatorplatte
- 3 elektrische Isolation
- 4 elektrischer Anschluss
- 5 Beschichtung mit nanoskaligen Strukturen
- 6 Abgasrohr
- 7 Verbrennungsmotor
- 8 Brennraum
- 9 Drucksensor
- 10 Steuergerät
- 11 Multiplexer
- 12 Analog/Digital-Wandler
- 13 Mikroprozessor
- 14 Zündkerze

1. Sensor zur Erfassung eines Verbrennungsparameters, der sich infolge eines in einem Verbrennungsmotor (7) ablaufenden Verbrennungsvorgangs einstellt, 5  
**dadurch gekennzeichnet**, daß der Sensor (1, 9) eine Beschichtung (5) mit Strukturen mit Abmessungen im Nanometerbereich aufweist.
2. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strukturen mit den Abmessungen im Nanometerbereich in einem katalytisch aktiven Material ausgebildet sind. 10
3. Sensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das katalytisch aktive Material ein katalytisch wirksames Oxid ist. 15
4. Sensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das katalytisch wirksame Oxid Vanadium, Cer oder Kobalt ist.
5. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abmessungen der Strukturen in Höhen-, Breiten- und/oder Tiefenrichtung 1–100 nm betragen. 20
6. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung (5) direkt auf dem Sensor (1, 9) aufgetragen ist. 25
7. Sensor nach einem der Ansprüche 1–5, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung (5) indirekt über einen Zwischenträger auf den Sensor (1, 9) aufgetragen ist.
8. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 30  
 dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (1) ein kapazitiver Rußsensor mit Kondensatorplatten (2) ist, wobei die Kondensatorplatten (2) des kapazitiven Rußsensors (1) mit Hilfe eines Isolators (3) elektrisch isoliert sind, und wobei die Beschichtung (5) auf wenigstens einen 35  
 Abschnitt jedes Isolators (3) aufgetragen ist.
9. Sensor nach einem der Ansprüche 1–7, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (9) ein Drucksensor zur Erfassung des in einem Brennraum (8) des Verbrennungsmotors (7) auftretenden Brennraumdrucks ist 40  
 und zur Erfassung des Brennraumdrucks eine Messmembran aufweist, wobei die Beschichtung (5) auf die Messmembran aufgetragen ist.
10. Zündkerze für einen Verbrennungsmotor (7), dadurch gekennzeichnet, daß die Zündkerze eine Beschichtung (5) mit Strukturen mit Abmessungen im Nanometerbereich aufweist. 45
11. Zündkerze nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Strukturen mit den Abmessungen im Nanometerbereich in einem katalytisch aktiven Material ausgebildet sind. 50
12. Zündkerze nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das katalytisch aktive Material ein katalytisch wirksames Oxid ist.
13. Zündkerze nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das katalytisch wirksame Oxid Vanadium, Cer oder Kobalt ist. 55
14. Zündkerze nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Abmessungen der Strukturen in Höhen-, Breiten- und/oder Tiefenrichtung 1 100 nm betragen. 60
15. Zündkerze nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung (5) direkt auf der Zündkerze aufgetragen ist.
16. Zündkerze nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung (5) indirekt über einen Zwischenträger auf den 65

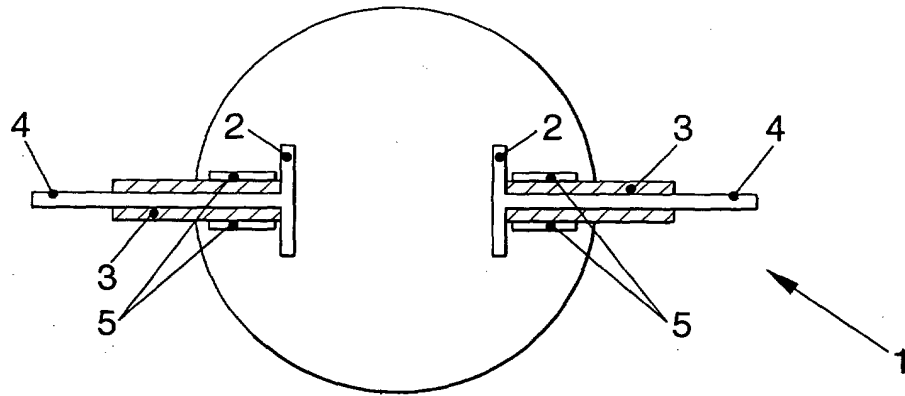


FIG. 1

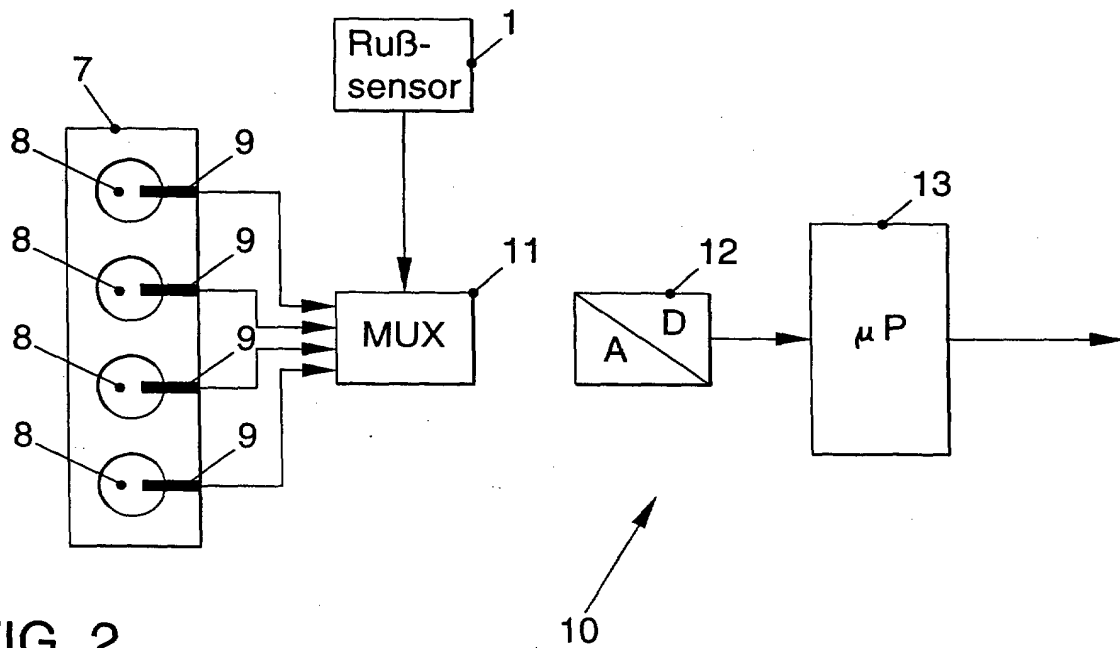


FIG. 2

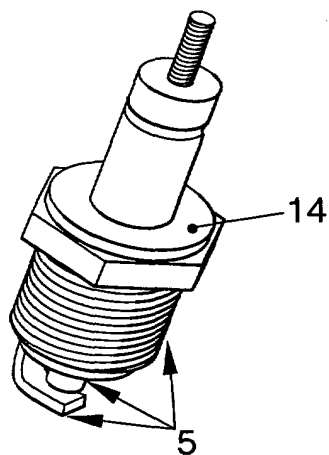


FIG. 3

**PUB-NO:** DE010128869A1  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** DE 10128869 A1  
**TITLE:** TITLE DATA NOT AVAILABLE  
**PUBN-DATE:** January 3, 2002

**INVENTOR-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
GLOGER, JUERGEN	DE
SEPEUR, STEFAN	DE

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

<b>NAME</b>	<b>COUNTRY</b>
VOLKSWAGENWERK AG	DE

**APPL-NO:** DE10128869  
**APPL-DATE:** June 15, 2001

**PRIORITY-DATA:** DE10128869A (June 15, 2001) , DE10030361A  
(June 21, 2000)

**INT-CL (IPC):** B82B001/00 , G01N031/12 , G01N031/10 ,  
G01N027/22 , G01R027/26 , H01T013/00

**EUR-CL (EPC):** G01N027/22

**ABSTRACT:**

CHG DATE=20020702 STATUS=N>A sensor (1) has a coating (5)  
with structures having parameters in the nanometer range. An

Independent claim is also included for a spark plug for a combustion engine having a coating with structures having parameters in the nanometer range. Preferred Features: The structures are formed in a catalytically active material, preferably an oxide of vanadium, cerium or cobalt. The coating is directly applied to the sensor. The sensor is a capacitive soot sensor with capacitor plates (2) electrically insulated using an insulator (3). The sensor may also be a pressure sensor. t